

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. МЕТОДОЛОГИЯ И ПАРАМЕТРЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ	9
1.1. Термины и определения	10
1.2. Причины отказов и повреждений механических систем	11
1.3. Физические принципы и методы теории надежности	13
1.4. Ускоренные испытания изделий машиностроения на надежность	15
1.5. Примеры расчета надежности технических систем	19
1.6. Методы оценки надежности сборочных операций	23
1.7. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин	30
1.8. Технологическая оснастка и ее роль в обеспечении надежности высокоточных деталей	37
1.9. Процесс механической обработки и формирование выходных параметров высокоточных деталей	41
ГЛАВА 2. ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	47
2.1. Анализ геометрических параметров рабочей зоны при бесцентровой обработке как детерминированных факторов технологического процесса	49
2.2. Исследование влияния величины припуска и жесткости технологической системы на режимы обработки на основе вероятностного моделирования	60
2.3. Механизм влияния величины и характера распределения припуска по поверхности сферической заготовки на эффективность ее обработки	72
ГЛАВА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ БЕСЦЕНТРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ ШАРОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПРАВЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ФОРМЫ	91

3.1. Механизм эффективного формообразования сферической поверхности. Математическое моделирование процесса формообразования	91
3.2. Аналитическое определение условий минимизации погрешностей формы сферической поверхности при бесцентровом шлифовании	99
ГЛАВА 4. ПРЕЦИЗИОННАЯ ОБРАБОТКА ПУСТОТЕЛЫХ ШАРОВ МЕТОДОМ СУПЕРФИНИШИРОВАНИЯ	105
4.1. Обработка пустотелых шаров по схеме бесцентрового суперфиниширования абразивными брусками.....	106
4.2. Кинематические особенности способа бесцентрового суперфиниширования пустотелых шариков	107
4.2.1. Определение положения мгновенной оси вращения шарика	107
ГЛАВА 5. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ НА ТОЧНОСТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	120
5.1. Геометрическая схема для определения влияния точности и взаимного расположения исполнительных поверхностей транспортирующих валков на положение центра обрабатываемого шарика	120
5.2. Определение величины мгновенного перемещения центра обрабатываемого шарика	122
5.3. Анализ влияния радиального биения транспортирующих валков на величину погрешностей формы пустотелых шариков	125
ГЛАВА 6. МЕХАНИЗМ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ БЕСЦЕНТРОВОМ СУПЕРФИНИШИРОВАНИИ	129
6.1. Геометрическая схема для определения положения центра шарика.....	129
6.2. Влияние исходной погрешности формы шарика на величину перемещения его центра	131
6.3. Определение коэффициентов формообразования.....	138

ГЛАВА 7. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБА БЕСЦЕНТРОВОЙ ОБРАБОТКИ ПУСТОТЕЛЫХ ШАРИКОВ АБРАЗИВНЫМИ БРУСКАМИ	143
7.1. Условия проведения экспериментальных исследований	143
7.1.1. Описание объекта исследований.....	143
7.1.2. Описание установки для проведения экспериментальных исследований.....	143
7.1.3. Принцип работы установки и режимы обработки	145
7.1.4. Описание установки для спектрального анализа профиля поперечного сечения пустотелых шариков	147
7.2. Методика выбора и оптимизации параметров процесса обработки пустотелых шариков абразивными брусками.....	148
7.2.1. Выбор параметров процесса при помощи априорной информации	148
7.2.2. Выбор факторов, влияющих на процесс, на основе анализа априорной информации.....	149
7.2.3. Выбор контролируемых параметров процесса бесцентровой обработки пустотелых шариков абразивными брусками на основе однофакторных экспериментов	152
7.3. Результаты экспериментальных исследований	155
ГЛАВА 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННОГО КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ ПУТЕМ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ	165
8.1. Анализ задач оптимального резервирования механических устройств.....	165
8.1.1. Анализ методов повышения надежности механической системы.....	165
8.1.2. Анализ видов резервирования.....	167
8.1.3. Постановка задачи оптимального резервирования	169
8.2. Выбор метода решения задачи оптимального резервирования	172
8.2.1. Метод множителей Лагранжа.....	172
8.2.2. Метод динамического программирования.....	172
8.2.3. Градиентный метод (метод наискорейшего спуска)	173

8.3. Разработка алгоритма решения задачи оптимального резервирования градиентным методом	175
8.3.1. Разработка структуры алгоритма.....	175
8.4. Разработка программы решения задачи оптимального резервирования градиентным методом	176
8.4.1. Блок-схема алгоритма программы и описание ее работы	176
8.5. Пример нахождения оптимального резерва механического устройства.....	178
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	181

ВВЕДЕНИЕ

Продукция, выпускаемая машиностроительными предприятиями, должна удовлетворять потребности каждого человека и общества в целом. В настоящее время рынок перенасыщен самой разнообразной продукцией в широком диапазоне стоимости и самого различного качества. Потребитель все в большей степени склоняется к выбору более качественной, хотя и более дорогой продукции, так как это напрямую влияет на ее эксплуатационный ресурс. Поэтому проблема качества в современном машиностроении является одной из важнейших, а среди ее показателей одно из первых мест занимает надежность. Наука о надежности становится базой совершенствования машиностроительной промышленности.

Несмотря на успехи отечественного машиностроения, остро стоит вопрос дальнейшего совершенствования машин, увеличения их быстроходности, мощности, производительности, а для некоторых из них — точности и ее длительного сохранения в процессе эксплуатации. Характерным является тот факт, что машины совершенно одинаковых конструктивных компоновок часто имеют весьма различную надежность. Причиной этого являются различия в технологических методах и процессах изготовления машин. Это обстоятельство приводит к мысли о возможности управления эксплуатационными параметрами машин при помощи разработки и использования новых технологических методов.

Проблема качества особенно важна для машино- и приборостроения, так как продукция этих отраслей в значительной степени предопределяет темпы технического прогресса и степень механизации и автоматизации производственных процессов во всех отраслях народного хозяйства.

Важной особенностью современного машино- и приборостроения является широкое развитие унификации и стандартизации изделий и непрерывно расширяющийся на этой основе уровень специализации производства. В результате каждый машиностроительный завод имеет кооперативные связи с сотнями предприятий, поставляющих материалы, комплектующие изделия, необходимые для организации производства технологического оборудования, оснастку, средства контроля и т. п.

Одним из эффективных подходов, позволяющих связать между собой такие параметры, как качество и надежность продукции, является робастное проектирование. На этапе проектирования конструкторы обязаны выявить критически важные конструктивные элементы и свойства разрабатываемого изделия, определяющие его качество, которые затем должны быть объединены в устойчиво работающую систему. Для этих целей широко применяют такие методы, как анализ видов потенциальных отказов и их последствий, анализ влияния допусков и посадок на надежность и качество изделий, анализ технологичности конструкции изделий при их проектировании и ряд других. При этом разработчикам необходимо учитывать влияние возможных выходов установленных параметров за пределы допустимых значений при экстремальных условиях экс-

плуатации изделия на его надежность и неблагоприятных воздействий на устойчивость спроектированной технической системы. Таким образом, совокупность конструкторской и технологической проработки изделия позволит связать между собой воедино и качество, и надежность.

Кроме того, качество изделий в значительной степени зависит от качества продукции предприятий-поставщиков. Например, по мнению специалистов Волжского автозавода, качество выпускаемых здесь автомобилей более чем на 50% зависит от качества комплектующих изделий и материалов. Поэтому при решении проблемы качества необходимо учитывать весь общественный процесс производства. Это значит, что мероприятия по повышению качества должны: производиться одновременно во всех отраслях, на всех промышленных предприятиях; охватывать все этапы процесса общественного производства — планирование, проектирование, серийное изготовление, эксплуатацию и ремонт; распространяться на все элементы процесса общественного производства — предметы и средства производства, деятельность людей.

Для современного машино- и приборостроения характерны также большая многономенклатурность и разнохарактерность одновременно осваиваемых изделий, повышение требований к техническому уровню, качеству, надежности, сокращение сроков морального износа средств техники. Это приводит к необходимости постоянного совершенствования конструкций машин и технологий их производства, внедрения новых материалов, более точных методов расчета, улучшения системы контроля и систематического проведения других конструктивно-технологических мероприятий, обеспечивающих современный технический уровень и стабильное качество выпускаемой продукции.

Следовательно, для улучшения качества выпускаемой продукции необходим комплексный, системный подход, т. е. создание систем управления качеством, и недаром в новой редакции стандартов ISO 9000 процессный подход назван одним из основных принципов построения системы управления качеством. Поэтому проблема обеспечения надежности технических систем должна решаться в рамках комплексной системы управления качеством, так как надежность является одним из основных и важнейших свойств качества продукции, и если качеству выпускаемой машиностроительной продукции будет придаваться первоочередное значение, то оно будет рассматриваться как инструмент обеспечения устойчивости нашей экономики.

ГЛАВА 1

МЕТОДОЛОГИЯ И ПАРАМЕТРЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Технологическая система (ТС) — это совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства, заданных технологических процессов или операций (ГОСТ 27.004-85).

Оценка качества технологической системы проводится, как правило, по параметрам, характеризующим надежность ее работы, т. е. по параметрам ее технологичности, эксплуатационной работоспособности, затрачиваемым ресурсам и ряду других.

Технологическую систему можно считать надежной, если она обеспечивает выполнение своих функций по производству выпускаемой продукции с заданными качеством и производительностью, сохраняя во времени свои функции в заданных (запланированных) режимах работы.

Свойство надежности особенно важно для изделий машиностроения по следующим причинам:

1) объем продукции машиностроения и металлообработки составляет около 25% от общего объема производства, а следовательно, решение проблемы обеспечения оптимальной надежности изделий этой отрасли практически является решением проблемы надежности для подавляющей части промышленной продукции;

2) эта отрасль производит средства производства, определяющие степень механизации труда и автоматизации технологических процессов во всех отраслях народного хозяйства, поэтому низкая надежность изделий машиностроения приводит к снижению производительности общественного труда по всему народному хозяйству;

3) продукция машиностроения является основным объектом экспорта страны, а надежность — основным свойством, обеспечивающим конкурентоспособность изделий машиностроения на мировом рынке.

Что же такое надежность? Согласно ГОСТ Р 27.102-2021 «Надежность в технике. Надежность объекта» под *надежностью* понимается «свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции в заданных режимах, условиях применения, стратегиях технического обслуживания, хранения и транспортирования».

Надежность — это комплексное свойство, которое включает в себя такие параметры, как безотказность, долговечность, ремонтопригодность, сохраняемость, а также различные сочетания этих свойств, качественный и количе-

ственным набор которых связан с используемым объектом и практическими условиями его применения.

Установлен ряд показателей надежности, выбор которых осуществляется исходя из назначения изделия, характера и масштаба производства, а также возможности количественного определения этих показателей расчетным или экспериментальным путем. Например, для прецизионных станков условия эксплуатации регламентированы достаточно четко. Поэтому под надежностью следует понимать способность станков обеспечивать точность обрабатываемых деталей в течение срока службы.

Свойство объекта непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения называют *безотказностью* (ГОСТ Р 27.102-2021).

Под долговечностью понимается свойство объекта, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания и ремонта до достижения предельного состояния.

Предельное состояние может наступить по физическим или моральным причинам. Физическая долговечность касается только средств технологического оснащения. Моральная долговечность определяется темпами развития технического прогресса.

1.1. Термины и определения

ГОСТ 27.004-85 «Надежность в технике, термины и определения» устанавливает следующие основные термины, применяющиеся в теории и расчетах показателей надежности.

Технологическая система — совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций. К предметам производства относятся: материал, заготовка, полуфабрикат и изделие, находящиеся в соответствии с выполняемым технологическим процессом в стадии хранения, транспортирования, формообразования, обработки, сборки, ремонта, контроля и испытаний. К регламентированным условиям производства относятся: регулярность поступления предметов производства, параметры энергоснабжения, параметры окружающей среды и др. Следует различать четыре иерархических уровня технологических систем: технологические системы операций, технологические системы процессов, технологические системы производственных подразделений и технологические системы предприятий.

Последовательная технологическая система — технологическая система, все подсистемы которой последовательно выполняют различные части заданного технологического процесса.

Параллельная технологическая система — технологическая система, подсистемы которой параллельно выполняют заданный технологический процесс или заданную технологическую операцию.

Комбинированная технологическая система — технологическая система, структура которой может быть представлена в виде объединения последовательных и параллельных систем более низкого уровня.

Технологическая система с жесткой связью подсистем — технологическая система, в которой отказ хотя бы одной подсистемы вызывает немедленное прекращение функционирования технологической системы в целом.

Технологическая система с нежесткой связью подсистем — технологическая система, в которой отказ одной из подсистем не вызывает немедленного прекращения функционирования технологической системы в целом.

Установленная безотказная наработка (установленный ресурс, установленный срок службы) технологического комплекса — гамма-процентная наработка (ресурс, срок службы) технологической системы при $\gamma = 100\%$.

Вероятность безотказной работы технологической системы по параметрам продукции (параметрам производительности, затратам) (ГОСТ 27.004-85) — вероятность того, что в пределах заданной наработки не произойдет отказа технологической системы по параметрам изготавляемой продукции (параметрам производительности, затратам).

1.2. Причины отказов и повреждений механических систем

Для того чтобы решить проблему повышения надежности машин и механизмов, необходимо не просто констатировать факт отказа, а рассматривать каждый случай преждевременного отказа как событие и устанавливать истинную причину нарушения работоспособности. Только в этом случае можно разрабатывать обоснование конструктивно-технологических мероприятий по повышению надежности.

При проведении анализа отказов необходимо одновременно учитывать все факторы, приводящие к тому или иному виду разрушения, так как один и тот же дефект в одних случаях может вызвать разрушение, а в других — нет. Так, например, все машиностроительные материалы содержат дефекты (неоднородность структуры и состава, остаточные напряжения, трещины в сварных швах и т. п.), многие из которых настолько малы, что их трудно обнаружить обычными методами исследования материалов без разрушения образца. При неблагоприятных условиях нагружения и эксплуатации дефекты могут увеличиваться, приводя к отказам. Типичным примером этого является процесс роста микроскопической трещины при переменных нагрузках или под действием коррозионной среды.

Анализ должен начинаться с установления места отказа (узел, блок, деталь и т. п.). Каждый вид повреждения или отказа имеет различные формы проявления. В то же время описание проявления отказа не должно подменять работу по установлению действительных причин отказов.

Все причины отказов могут быть отнесены к одной из следующих основных групп:

- ошибки проектирования и изготовления;

- ошибки эксплуатации;
- внешние причины, т. е. причины, непосредственно не зависящие от рассматриваемого изделия или узла.

Типичными дефектами конструирования являются:

- недостаточная защищенность узлов трения;
- наличие концентраторов напряжения;
- ошибки в учете распределения напряжений;
- неправильный расчет несущей способности;
- ошибки в моделировании или учете эксплуатационных нагрузок;
- неправильный выбор материалов и др.

К наиболее типичным дефектам технологии следует отнести:

- дефекты из-за неправильного состава материала (включения, охрупчивающие примеси и т. д.);
- дефекты при плавке и изготовлении заготовок (пористость, усадочные раковины, неметаллические включения, расслоения);
- ошибки при механической обработке (ожоги, задиры, заусенцы, трещины, прорезы, избыточная локальная пластическая деформация);
- дефекты сварки (трещины, остаточные напряжения, углубления, недостаточная глубина шва, термическое повреждение отдельных участков основного материала и др.);
- дефекты термообработки (перегрев, закалочные трещины, обезуглероживание, избыточные остаточные аустениты и др.);
- дефекты при обработке поверхностей (химическая диффузия, водородное охрупчивание, снижение механических свойств материала и др.);
- дефекты сборки (повреждения поверхностей, задиры, внесение абразива, несоответствие размеров деталей и др.).

Наиболее распространенными являются технологические дефекты. Объясняется это тем, что все виды обработки изменяют механические свойства материалов, как по всему объему, так и на отдельных участках деталей, приводя в ряде случаев к образованию микротрещин и уменьшению пластичности материалов в отдельных областях. Механические, химические и температурные воздействия на материалы во время обработки вызывают изменение предела прочности, сопротивления хрупкому разрушению, коррозионной стойкости и других свойств. При этом около половины технологических отказов относятся к metallургическим дефектам (закалочные трещины, дефекты ковки и литья, неметаллические включения и др.).

Основными эксплуатационными причинами отказов и повреждений являются: нарушение условий применения; неправильное техническое обслуживание; наличие перегрузок и непредвиденных нагрузок, обусловленных нарушениями в энергоснабжении, влиянием связанных отказов (вторичные повреждения), влиянием явлений природы, попаданием в механизм посторонних предметов и т. д.

1.3. Физические принципы и методы теории надежности

Анализ статистических данных позволяет с той или иной степенью точности оценить закономерности протекания процессов разрушения, определить количественные значения показателей надежности, характеристики потоков отказов и т. д.

В последние годы стали выдвигаться и обосновываться некоторые физические принципы надежности, базирующиеся на согласующихся с опытом допущениях и описывающие закономерности процесса снижения работоспособности изделий в зависимости от конструктивных и технологических факторов, а также условий и режимов эксплуатации. На базе этих принципов создан ряд методов расчета надежности и методов ускоренных испытаний. Рассмотрим некоторые из них.

Принцип Седякина

М. М. Седякин при формулировке физического принципа надежности, получившего название принципа Седякина, исходит из того, что реальные системы утрачивают работоспособность из-за различного рода воздействующих на них факторов и режимов работы элементов. В то же время каждая система до начала эксплуатации обладает некоторым запасом надежности, который автор называет ресурсом. В процессе эксплуатации этот ресурс расходуется с некоторой скоростью, обусловленной режимами и условиями эксплуатации. Функция ресурса, выработанного за время t , равна

$$r(t) = -\ln P(t), \quad (1.1)$$

где $P(t)$ — вероятность безотказной работы элемента в течение времени t .

Продифференцировав (1.1), можно получить величину ресурса, выработанного в единицу времени:

$$\frac{dr(z)}{dz} = -\frac{1}{P(z)} \cdot \frac{d}{dz} P(z) = \lambda(z), \quad (1.2)$$

где $\lambda(z)$ — интенсивность отказов.

Величина $\lambda(z)$ зависит от режима работы ε , т. е.

$$\lambda(z) = \lambda(z, \varepsilon). \quad (1.3)$$

В приведенных обозначениях принцип Седякина формулируется следующим образом.

Вероятность безотказной работы элемента (системы) в условиях $\varepsilon \in E$ зависит от величины выработанного им (ей) в прошлом ресурса r и не зависит от того, как выработан этот ресурс, т. е.

$$P\left(\frac{t}{r}\right) = P_1\left(\frac{t}{x_1}\right) = P_2\left(\frac{t}{x_2}\right), \quad (1.4)$$

где x_1, x_2 — продолжительности интервалов времени работы элементов в прошлом, удовлетворяющие соотношению

$$r = \int_0^{x_1} \lambda(z, \varepsilon_1) dz = \int_0^{x_2} \lambda(z, \varepsilon_2) dz. \quad (1.5)$$

Если обозначить:

ε — режим работы, характеризующийся некоторым набором параметров, E — некоторое множество допустимых режимов, $\xi(\varepsilon(t))$ — время безотказной работы изделия в условиях $\varepsilon(t)$, $P(t, \varepsilon)$ — вероятность безотказной работы партии изделий за время t в режиме ε , $P(t, \varepsilon/t_1, \varepsilon_1)$ — вероятность безотказной работы в течение времени t в условиях ε таких изделий партии, которые проработали безотказно в режиме ε_1 время t_1 , то принцип Седякина может быть сформулирован следующим образом.

Если при $\varepsilon_1 \in E$ и $\varepsilon_2 \in E$ $P(t_1, \varepsilon_1) = P(t_2, \varepsilon_2)$, то для любого $P(t, \varepsilon_1/t_1, \varepsilon_1) = P(t, \varepsilon_1/t_2, \varepsilon_2)$.

М. М. Седякин указывает, что сформулированный им принцип имеет место при выполнении следующих условий:

1) с переводом элемента (системы) из одного режима работы в другой не должно происходить коренного изменения процессов, протекающих в материале элемента;

2) в разных режимах работы элемента в прошлом должны действовать одни и те же разрушающие факторы, причем может изменяться лишь интенсивность указанных факторов.

Г. Д. Карташов показал, что необходимо еще одно ограничение — на стабильность работы системы.

Иначе принцип Седякина имеет место только в таких режимах E , для которых время безотказной работы $\xi(\varepsilon_1)$ и $\xi(\varepsilon_2)$ одного изделия при $\varepsilon_1 \varepsilon_2 \in E$ связаны между собой линейной зависимостью вида:

$$C(\varepsilon_1, \varepsilon_2) \xi(\varepsilon_2) = \xi(\varepsilon_1),$$

где $C(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = \frac{T(\varepsilon_1)}{T(\varepsilon_2)}$ — средние сроки службы (наработки) в режимах ε_1 и ε_2 .

Гипотеза Майнера

Гипотезу Майнера иногда называют гипотезой линейного суммирования повреждений. Согласно этой гипотезе процесс износа протекает так, что для каждой партии и любого переменного режима имеет место равенство

$$M \left\{ \int_0^{\xi(\tilde{\varepsilon}(t))} \frac{d\tau}{T(\varepsilon = \tilde{\varepsilon}(\tau))} \right\} = I,$$

где $\xi(\tilde{\varepsilon}(t))$ — время безотказной работы изделия в условиях режима $\tilde{\varepsilon}(t)$;
 $T(\varepsilon = \tilde{\varepsilon}(\tau))$ — средний срок службы изделий при постоянном режиме испытания $\varepsilon = \tilde{\varepsilon}(\tau)$.

Г. Д. Карташов показал, что гипотеза Майнера справедлива также лишь в области режимов E , для которых между временем безотказной работы при разных режимах существует линейная зависимость.

Это значит, что необходимые и достаточные условия гипотез Майнера и Седякина совпадают.

Принцип наследственности

Применительно к вопросам надежности принцип наследственности впервые был сформулирован Г. Д. Карташовым и А. И. Перроте. Основные положения этого принципа сводятся к следующему.

Считается, что время безотказной работы изделия в условиях $\varepsilon(t)$, помимо режима $\varepsilon(t)$, зависит от некоторых параметров $v = v^1, v^2, \dots, v^e$, присущих элементам конструкции изделия. Предполагается, что набор v всегда можно выбрать так, что заданием начальных значений $v(0) = v_0$ однозначно определяется время отказа изделия $\xi(v_0, \varepsilon(\tau))$ и его параметры $v(t) = v(v_0, t, \varepsilon(\tau))$ при фиксированном режиме $\varepsilon(t)$.

Принцип наследственности утверждает, что производство может изменять от образца к образцу начальные значения v_0 параметров v согласно некоторой функции распределения:

$$G(y) = P(v_0^1 \langle y_1, v_0^2 \langle y_2, \dots, v_0^e \langle y_e),$$

одинаковой в пределах одной партии изделий, но не может изменить вид функций $\xi(v_0, \varepsilon(\tau))$ и $v(v_0, t, \varepsilon(\tau))$. То есть согласно принципу наследственности предполагается, что существует набор конструктивных параметров v , обладающий следующим свойством: если значения v совпадут у двух изделий, то, независимо от их предыстории, эти изделия в одинаковых режимах откажут в одно и то же время.

1.4. Ускоренные испытания изделий машиностроения на надежность

В настоящее время одной из основных задач проблемы надежности и долговечности является разработка методов контроля и определения числовых значений показателей надежности и долговечности промышленной продукции. Решить ее можно, применив методы обработки данных эксплуатационных наблюдений и ускоренных испытаний, а также расчетным путем.

Первый метод является наиболее распространенным. Однако он применим не для всех случаев, так как долговечность многих изделий исчисляется тысячами часов (с учетом же срока хранения — годами). Поэтому информация о надежности и долговечности стареет, изделия за это время, как правило, мо-

дернизаются, создаются новые конструкции, внедряется новая, более передовая технология.

Расчетный метод определения надежности получил наибольшее распространение для радиоэлектронных устройств; для кинематических схем он начал развиваться только в последние годы и в общем машиностроении еще не оформленлся в инженерный метод из-за сложности задачи, ее новизны и недостаточного количества фактических и опытных данных. Поэтому в настоящее время наиболее реальным является экономически прогрессивный метод ускоренных испытаний, дающий возможность судить о надежности и долговечности изделий в нормальных условиях эксплуатации по значению соответствующих показателей при форсированных режимах (повышенные нагрузки, скорости, температуры и т. д.). Однако и этот метод полностью не разработан и требует теоретических и экспериментальных исследований.

За последние годы разрабатываются как количественные методы ускоренных испытаний, так и качественные.

Цель количественных методов испытаний состоит в том, чтобы в сравнительно короткие сроки определить числовые значения показателей надежности и долговечности изделий применительно к нормальным или заданным условиям эксплуатации по результатам испытаний при фиксированных режимах.

Качественные методы ускоренных испытаний предназначены в основном для проведения сравнительных и контрольных испытаний. При проведении такого вида испытаний необходимо определять не числовые значения показателей надежности и долговечности, а ответить на вопрос: выше или ниже они значений аналогичных показателей другой конструкции детали, узла или агрегата, заданных стандартом или техническими условиями?

Основные требования к организации ускоренных испытаний

В зависимости от целей испытания разрабатываются ускоренные методы испытаний образцов, деталей, узлов или конструкций в целом. При этом должен быть решен следующий комплекс вопросов:

- выбор вида испытаний и испытательного оборудования (моделирующие испытания материалов и образцов, стендов, полигонные эксплуатационные испытания);
- определение основных видов разрушений (изнашивание, усталость, коррозия, старение, ползучесть и др.);
- выбор режимов нагружения и методов ускорения испытаний (выбор и обоснование схемы нагружения, увеличение циклов нагружений в единицу времени, интенсификация рабочих режимов, введение в узлы трения высокодисперсной абразивной среды, использование агрессивных сред, методов непосредственной экстраполяции);
- статистическое планирование испытаний, определение числа объектов испытаний и времени испытания;
- выбор методов контроля процесса разрушения;
- обработка и анализ результатов испытаний (статистическая обработка, суммарная оценка точности испытаний, определение функциональной и корре-

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru